

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission VI. Titel der Tagung: Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung, Bodenschadverdichtungen. Veranstalter: DBG. Termin und Ort der Tagung: 7.-12. September 2013, Rostock. Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation). <http://www.dbges.de>

### **Prüfung des Potentials von Bäumen zur Erschließung von Bodenverdichtungen – Entwicklung eines Versuchsdesigns**

GORONZI K<sup>1</sup>, MÜLLER-INKMANN M,  
SCHACHT H, FRÜND HC

#### **Zusammenfassung**

Durch das Befahren von Rückegassen zur Waldbewirtschaftung werden starke Bodenverdichtungen verursacht. Eine Möglichkeit um die Regeneration des gestörten Porensystems im Boden aktiv zu unterstützen, kann der Einsatz von Bäumen darstellen. Um die Fähigkeit verschiedener Bäume zur Durchwurzelung von verdichteten Böden zu untersuchen, wurde ein Versuchsdesign geprüft. Dazu wurden zylindrische Versuchsgefäße verwendet, in die ein Löss so eingebaut wurde, dass ein verdichteter Bodenmantel und ein lockerer Pflanzkern entstehen. Es wurden zwei Versuchsvarianten hergestellt (Bodenmantel  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$  und  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ ). Als Versuchspflanzen wurden 1-jährige Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) eingesetzt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Schwarzerle eine geeignete Baumart ist um verdichtete Bodenzonen zu erschließen. Mangels eines Vergleiches mit einer gegenüber Bodenverdichtung empfindlich reagierenden Baumart und aufgrund einer zu langen Versuchsdauer, kann eine abschließende Bewertung des Versuchsdesigns nicht erfolgen. Folgeversuche mit verschiedenen Baumarten sollen eine Bewertung des Versuchsdesigns ermöglichen und die Eignung anderer Baumarten prüfen.

**SCHLÜSSELWORTE:** Bodenverdichtung, Rückegasse, Schwarzerle, *Alnus glutinosa*

<sup>1</sup>Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, [karina.goronzi@hs-osnabrueck.de](mailto:karina.goronzi@hs-osnabrueck.de)

#### **Einleitung**

Durch das Befahren von Waldböden mit Forstmaschinen entstehen oftmals Bodenverformungen, die Sauerstoffmangel in der Rhizosphäre und eine Einschränkung der Wurzelaktivität bewirken (HILDEBRAND 1983, SCHACK-KIRCHNER et al. 1993, GAERTIG et al. 1999).

Aufgrund sehr langer Regenerationszeiten verdichteter Waldböden (VON WILPERT und SCHÄFFER 2006, SCHACK-KIRCHNER 1994) ist es sinnvoll, durch die aktive Unterstützung der biologischen Bodenaktivität, die Bodenrestrukturierung zu fördern. Eine Möglichkeit zur Förderung der Regeneration ist das Pflanzen von Gehölzen, deren Wurzeln in verdichtete Bodenzonen einwachsen können. Untersuchungen zur Restrukturierung verformten Waldbodens in der Schweiz zeigten eine Verbesserung der Bodenstruktur durch den Einsatz von Schwarzerlen (MEYER et al. 2011).

Damit das Potential von Baumarten zur Erschließung verdichteter Böden beurteilt werden kann, wurde an der Hochschule Osnabrück ein Versuchsdesign entwickelt und im Semifeldversuch überprüft. Grundidee des Versuchsdesigns ist, dass eine Pflanze in einem Lebensbereich anwächst und anschließend in einen verdichteten Bereich einwurzeln kann. Dabei sollten insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

- Ist das Versuchsdesign geeignet, um das Wachstum von Baumwurzeln in verdichtete Bodenzonen zu untersuchen?
- Sind Wurzeln bei Grenzflächen zwischen unterschiedlich dichten Bodenzonen fähig in den dichteren Bodenbereich zu wachsen – oder gibt es einen „Blumentopfeffekt“?
- Können Wurzeln durch künstliche Grobporen in verdichteten Boden gelenkt werden („Dichtefalle“)?

#### **Bauweise der Versuchskörper**

Die verwendeten Versuchskörper wurden in Anlehnung an die von MÜLLER-INKMANN et al. (2013) für Regenwürmer entwickelten Versuchskörper konstruiert. Die Versuchsgefäße wurden aus Polyvinylchlorid-(PVC)-Rohren gefertigt. An der Unterseite der

PVC-Rohre wurde eine perforierte PVC-Kappe mit jeweils zwei Sicherungsstopfen angebracht. In die Versuchsgefäße wurden ein verdichteter Bodenmantel und ein lockerer Pflanzkern eingebaut (Abb.1). Das gesamte Bodenvolumen in einem Versuchskörper beträgt ca. 10,9 l und das im Pflanzkern 1,9 l.

Bei dem eingesetzten Versuchsboden handelt es sich um einen Löss aus dem rheinischen Braunkohletagebau (86 % Schluff, 12 % Ton, 2 % Sand, ca. 20 %  $\text{CaCO}_3$ , pH ( $\text{CaCl}_2$ ) 7,44). Als Versuchspflanzen dienten einjährige Sämlinge von *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner.

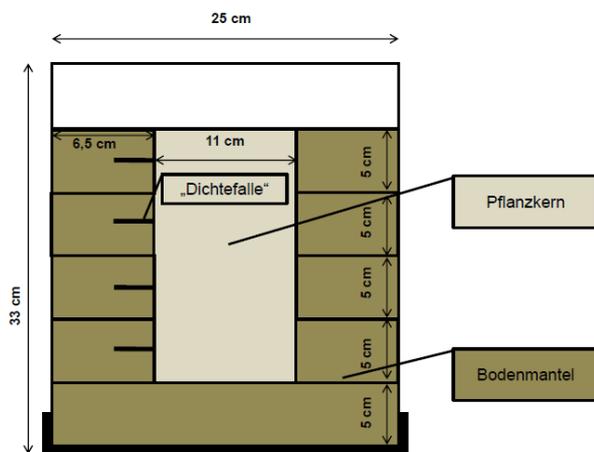


Abb.1: Aufbau eines Versuchskörpers

### Bau der Versuchskörper

In ein Gefäß wurden fünf Bodenschichten (Höhe: 5 cm) eingebaut. Nach dem Einfüllen des Bodens wurde eine Verdichtungshilfe eingesetzt (Abb. 2). Die Verdichtungshilfe ist aus Polyoxymethylen (POM) angefertigt. Eine Seite der Verdichtungshilfe besteht aus einer runden Platte, die das Verdichten der ersten Bodenschicht im Versuchskörper ermöglicht. Die andere Seite besteht aus einem Ring mit dem die Ringschichten verdichtet wurden. Zum Aussparen des Pflanzkerns wurde ein PVC-Rohr (Durchmesser: 10 cm) eingesetzt, um das Verdichten des Bodenmantels außerhalb dieses Rohres zu ermöglichen (Abb. 3). Das Verdichten des Bodens erfolgte mit einem Proctorhammer, der in die Mitte der vollen Platte der Verdichtungshilfe gesetzt wurde (Abb. 2).

Erstellt wurden Lagerungsdichten des Bodenmantels von  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$  (dichte Variante) und  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$  (lockere Variante,

Kontrolle). In die Mitte jeder Ringschicht wurde nach dem Verdichten jeweils ein Loch mit einem 3 cm langen und 5 mm dicken Bohrer erstellt. Durch diese Löcher sollten Schwachstellen („Dichtefallen“) in dem sonst verdichteten Bodenmantel geschaffen werden und das erwartete Entlangwachsen der Pflanzenwurzeln an der verdichteten Bodenschicht („Blumentopfefeckt“) sollte verhindert werden (Abb. 3).

Die Erlen wurden mittig in den Pflanzkern gepflanzt (Lagerungsdichte Pflanzkern:  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ ).

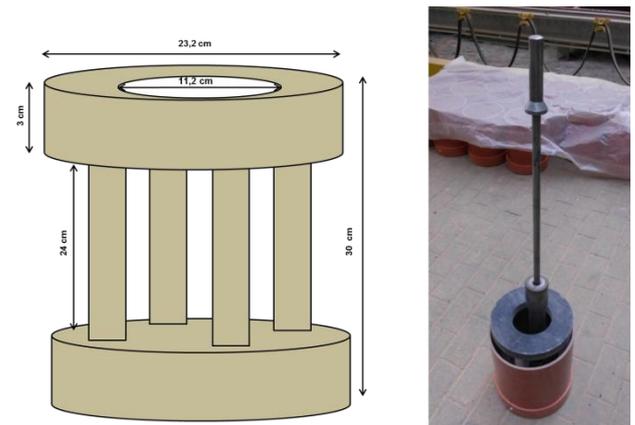


Abb. 2: Verdichtungshilfe (links) und Bodenverdichtung mittels Proctorhammer (rechts)



Abb. 3: Aufbau zum Erstellen der Ringschicht (links) und bohren der "Dichtefallen" (rechts)

### Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde ab dem 23. April 2012 auf einer Freilandfläche durchgeführt (Abb. 4). Um eine zu starke Erwärmung des Bodens in den Versuchskörpern zu vermeiden, wurde das aus der Baumschule bekannte Pot-in-Pot-System (PARKERSON 1990) angewandt. Dabei werden die Versuchsgefäße in größere, in den Boden eingesenkte Container gestellt und der Zwischenbereich mit Sand ausgefüllt.

Es wurden zusätzliche Kontrollgefäße mit Tensiometern zur Überwachung des Wasserhaushaltes und Thermometern zur

Erfassung der Bodentemperatur eingesetzt. Versuchskörper und Kontrollgefäße wurden jeweils mit vier Wiederholungen ausgeführt. Insgesamt wurden 24 Versuchsgefäße eingesetzt. Die Aufstellung aller Versuchsgefäße erfolgte randomisiert.



Abb. 4: Versuchsfläche zu Versuchsbeginn

Um die Wasserversorgung zu kontrollieren, wurden die Versuchsgefäße mit einer Folie abgedeckt. Es wurde so bewässert, dass die Saugspannung  $-200$  hPa nicht unterschritt. Während der gesamten Wachstumsphase wurden im zweiwöchentlichen Rhythmus Pflanzenhöhen und Wurzelhalsdurchmesser erfasst.

Die Auswertung fand Anfang Oktober 2012 statt. Dabei wurde das Wurzelsystem mit dem anhaftenden Boden aus den Versuchskörpern ausgebaut und das Wurzelwerk durch Abspülen mit Wasser freigelegt. Das Wurzelvolumen wurde mittels Tauchwägung festgestellt. Die Frisch- und Trockenmasse des Sprosses, der Blätter und der Wurzelsysteme wurde gravimetrisch bestimmt. In einer radiologischen Praxis wurden mittels Röntgen Computertomographie (CT) Schichtbildaufnahmen der Versuchskörper erstellt (Toshiba Aquilion 64, 120 kV, 250 mA) und die Schichtbilder mit der Software iQ-Lite Viewer betrachtet. Des Weiteren fanden eine visuelle Beurteilung der Wurzelwerke vor und nach dem Ausspülen des Bodens, sowie eine Fotodokumentation statt.

## Ergebnisse und Diskussion

Nach 100 Tagen wurde ein höherer Sprosszuwachs der lockeren Versuchsvariante gegenüber der dichten Variante deutlich (Abb. 5). Die Wurzelvolumen und

Trockengewichte der Wurzelsysteme deuten geringere Werte der dichten Variante an, allerdings sind sie nicht signifikant anders (Abb. 6). Die Erlen der lockeren Variante weisen einen höheren und dünneren Spross auf, wobei die der dichten Variante einen eher kompakten Wuchs zeigen.

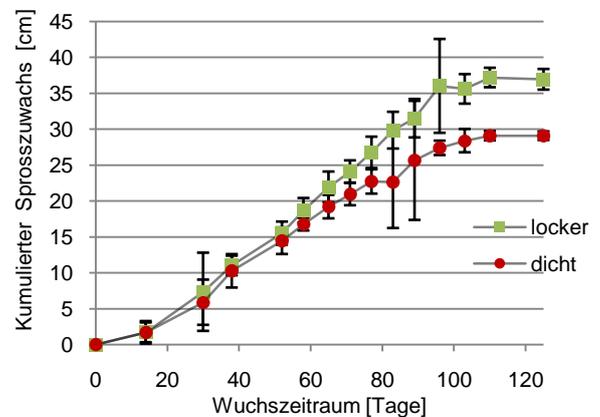


Abb. 5: Mittelwerte des kumulierten Sprosszuwachses bei dichten ( $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ ) und lockeren ( $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ ) Versuchskörpern während des Wuchszeitraums (Standardabweichung;  $n=4$ )

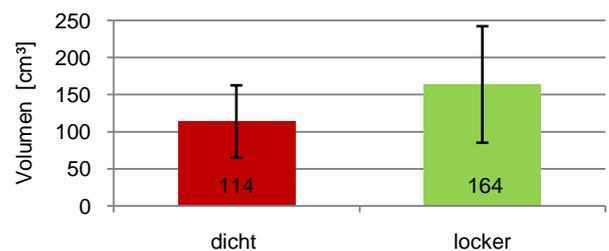


Abb. 6: Wurzelvolumen bei dichten ( $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ ) und lockeren ( $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ ) Versuchskörpern (Standardabweichung;  $n=4$ )

Es konnten keine Unterschiede in der Durchwurzelungsintensität der Ringschichten festgestellt werden. In beiden Varianten schafften es die Erlen den verdichteten Boden der Ringschicht zu erschließen, bis sich ein Entlangwachsen der Wurzeln an der Gefäßwand („Blumentopfeffekt“) einstellte. Beim Zuwachs der Wurzelhalsdurchmesser im gesamten Wachstumszeitraum konnte kein Unterschied zwischen lockerer und dichter Variante festgestellt werden. Die Frisch- und Trockenmassebestimmung des Sprosses und der Blätter zeigte ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Varianten. Des Weiteren wurde bei beiden Varianten eine gleichermaßen starke Ausprägung der Lenticellen, sowie Adventivwurzelbildung am Wurzelhals festgestellt.

Bezüglich Menge und Verteilung der Wurzeln beider Varianten, konnten keine deutlichen Unterschiede festgestellt werden (Abb. 7). Der größte Anteil der Wurzeln befand sich im oberen Bereich der Versuchskörper.



Abb. 7: Dichte Variante: Wurzelwerk vor dem Freispülen, Wurzelwerk; Lockere Variante: Wurzelwerk vor dem Freispülen, Wurzelwerk (von links nach rechts)

Die „Dichtefallen“ konnten anhand der CT-Aufnahmen wiedergefunden werden. Allerdings war nach Betrachtung der CT-Aufnahmen und der Wurzelwerke nicht zu klären, ob sich darin auch Wurzeln befanden. An der Grenzfläche zwischen Pflanzkern und Bodenmantel wurde kein „Blumentopfeffekt“ festgestellt.

### Schlussfolgerung und Ausblick

Die Schwarzerle erwies sich als derart gut geeignet, um verdichtete Böden zu erschließen, dass eine Überprüfung des Versuchsdesigns nicht möglich war, da dichte und lockere Variante ähnlich stark durchwurzelt wurden. Dennoch zeigen die Sprosshöhen, dass sich die Bodenverdichtung negativ auf Erlen auswirkt. Vermutlich würden nach einer kürzeren Versuchsdauer (ca. 2 Monate) deutlichere Unterschiede hinsichtlich der Durchwurzelung festgestellt werden können. Ein Vergleich mit einer auf Bodenverdichtung empfindlich reagierenden Baumart (z.B. Rotbuche) sollte bei Folgeversuchen durchgeführt werden. Außerdem könnte der Versuchsaufbau um beschattete Verhältnisse erweitert werden, wodurch eine größere Nähe zu den Lichtverhältnissen auf zahlreichen Rückegassen erreicht würde. Sollten Folgeversuche die Eignung des Versuchsdesigns bestätigen, ist ein effizientes Prüfen verschiedener Baumarten im Vorfeld eines Feldversuchs unter kontrollierten Bedingungen möglich.

### Danksagung

Wir danken Dr. Gerhard Dumbeck (RWE Power AG) für das Zur-Verfügung Stellen des Versuchsbodens und dem Röntgen-Nuklear-Institut Drewes + Partner in Os nabrück für den Zugang zur Computertomographie. Die Arbeit wurde gefördert durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (Landesmittel des Niedersächsischen Vorab).

### Literatur

- GAERTIG T, VON WILPERT K, SCHACK-KIRCHNER H (1999): Bodenbelüftung als Steuergröße des Feinwurzelswachstums. Allg Forst Jagdztg 170: 81-87
- HILDEBRAND EE (1983): Der Einfluss der Bodenverdichtung auf die Bodenfunktionen im forstlichen Standort. Forstwiss Cbl 102: 111-125
- MEYER C, LÜSCHER P, SCHULIN R (2011): Bodenverdichtung unter Fahrspuren – Strukturregeneration durch Bepflanzung mit *Alnus glutinosa*. Berichte der DBG ([www.eprints-dbg.de/563/](http://www.eprints-dbg.de/563/))
- MÜLLER-INKMANN M, FRÜND HC, HEMKER O (2013): An experimental setup to assess earthworm behavior in compacted soil. Biol Fert Soil 49: 363-366
- PARKERSON CH (1990) P & P: A new field-type nursery operation. Proclnt Plant Prod Soc 40: 417-419
- SCHACK-KIRCHNER H, HILDEBRAND EE, VON WILPERT K (1993): Bodensauerstoffhaushalt unter Fahrspuren – Einsatz eines Simulationsmodells. Allg Forstz 3: 118-121
- SCHACK-KIRCHNER H (1994): Struktur und Gashaushalt von Waldböden. Ber Forsch-Zent Waldökosyst Univ Göttingen. Reihe A, Bd 112:145
- VON WILPERT K, SCHÄFFER J (2006): Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: A preliminary study. Eur J Forest Res 125:129-138